Ein seltener Fall

von

Schussfraktur des Schädels (Selbstmord).

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

in der

gesamten Medizin

verfasst und einer

Hohen medizinischen Fakultät

der

Kgl. Bayr. Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Anton Pfister

appr. Arzt aus Lauingen a. D.

München 1897.

Kgl. Hofbuchdruckerei Kastner & Lossen.

Ein seltener Fall

von

Schussfraktur des Schädels (Selbstmord).

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

in der

gesamten Medizin

verfasst und einer

Hohen medizinischen Fakultät

der

Kgl. Bayr. Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Anton Pfister

appr. Arzt aus Lauingen a. D.

ACAD. LUDD. BAT. BIBL.

München 1897.

Kgl. Hofbuchdruckerei Kastner & Lossen.

Referent:

Herr Obermedizinalrat Prof. Dr. Bollinger.

Am 16. Mai 1897 tötete sich der 47jährige Kaufmann N. N. von München durch einen Schuss in die rechte Schläfe. Die von Professor Bollinger am 17. Mai auf dem südlichen Friedhof vorgenommene Sektion[1]) ergab folgenden Befund:

Kräftig gebauter Körper von gutem Ernährungszustand. Schädeldecken vollkommen zersprengt, die Kopfhaut teilweise fehlend, teils fetzig zerrissen und teilweise an den Knochenfragmenten haftend, stellenweise mit blutgemischten Resten des Grosshirns bedeckt; auch die Knochen der Schädelbasis — namentlich nach vorne — stark zertümmert, mit Blutgerinnseln und Hirnmassen bedeckt. Das Grosshirn vollständig fehlend, das Kleinhirn noch ziemlich erhalten, blutleer, vom Tentorium bedeckt.

In der rechten Schläfengegend eine ungleichmässig rundliche Schuss-Eingangs-Oeffnung, in deren Umgebung die Haut in ziemlicher Ausdehnung abgelöst ist, und ebenso die Subcutis durch schwärzliche, offenbar vom Pulverdampf herrührende Massen schieferig-schwärzlich verfärbt erscheint.

Rippenknorpel stark verkalkt, Herz um gut zwei Dritteil vergrössert, Höhlen dementsprechend erweitert, Aortaklappen leicht verdickt und etwas verkürzt. Gewicht: 575 gr. Lungen gross, lufthaltig, blutarm;

[1]) Sections-Journal des path. Instituts Nr. 451. 1897.

in verschiedenen Abschnitten grössere und kleinere Blutherde von derber Konsistenz, von der Umgebung wenig scharf abgegrenzt. In den grösseren Bronchien ebenfalls reichlich blutiger Inhalt, offenbar aus dem Nasenrachenraum stammend.

Milz etwas vergrössert. Magen und Darm ohne Abweichung, in ihnen ziemlich dunkles, flüssiges Blut, verschluckt während der Agone, Leber etwas derber als normal, blutarm. Nieren ohne Besonderheiten.

Die anatomische Diagnose lautete demgemäss: Schussverletzung des Schädels (Selbstmord). Ausgedehnte Zertrümmerung der Schädelkapsel sowie der basalen Knochen. Blutiger Inhalt in den Bronchien, blutige Infarkte der Lungen (Aspirationsinfarkte), blutiger Inhalt im Magen.

Hypertrophie des Herzens, leichte chronische Endocarditis der Aortaklappen.

Ein Freund des Verstorbenen hatte auf meine Anfrage hin die Güte, mir Folgendes über den Hergang der Katastrophe mitzuteilen:

„Mein Freund hat sich mit einem Jagdgewehr erschossen, Doppelflinte grossen Kalibers, ich glaube No. 12, und hatte Schrote geladen, jene Sorte, welche die Jäger Doppelnuller nennen. Er hat das Gewehr quer über das Bett gelegt, sich vor dem Bett auf den Boden gekniet, die Mündung an seine rechte Schläfe gesetzt und wahrscheinlich mit den Fingerspitzen der rechten Hand abgedrückt. Dabei war der Kolben, wie ich vermute, an die Wand gestemmt. Der Schuss hatte eine furchtbare Wirkung; das ganze Cranium war zertrümmert und das gesamte Grosshirn verschwunden, nur das Kleinhirn lag noch unversehrt unter seinem Zelt.

Hirn und Schädeltrümmer waren mit grosser Heftigkeit nach allen Seiten geschleudert, so dass man an der Zimmerdecke die Spuren der angeprallten Schädelstücke sehen konnte. Als ich, vielleicht 6—7 Stunden nach der That den Toten sah, fand er sich noch fast ganz in der Stellung der That, knieend, den rechten Arm am Gewehr, den linken nach dem Boden gerichtet, eine grosse Lache Blutes vor sich."

Die Annahme des Selbstmordes durch Erschiessen ist aus obigem Befund vollkommen gesichert. Bevor auf die nähere Betrachtung der Schussfrakturen eingegegangen wird, sei es gestattet, einige allgemeine Thatsachen über die Schädelfrakturen überhaupt vorauszuschicken.

Je nach ihrer Ausdehung zerfällen die Schädelbrüche 1) in Brüche des Gewölbes, 2) Brüche der Basis und endlich 3) in Brüche des Gewölbes und der Basis.

Nach der jeweiligen Form unterscheidet v. Bergmann[1])

1) Fissurae oder Spaltbrüche,

2) Fracturae comminutivae Stück- und Splitterbrüche; nach der Dislokation der Fragmente teilt man diese noch in Brüche mit oder ohne Depression ein,

3) Lochbrüche und Brüche mit grossem Substanzverlust.

Wie bei allen Knochen gibt es dann direkte Frakturen, direkt am Angriffspunkte der Gewalt, und indirekte Brüche, wenn sie entstanden entfernt vom Orte der Gewalteinwirkung und zwischem demselben und

[1]) Bergmann, die Lehre von den Kopfverletzungen im Handbuch der Chirurgie von Billroth und Pitha.

dem Sitz des Bruches ein Stück intakten Schädelknochens liegt.

Wenn man gebrochene Schädel betrachtet, so sieht man, dass der Bruch beide Tafeln in gleicher Weise betrifft, oder die innere Tafel mehr gebrochen ist als die äussere, oder endlich nur eine Tafel allein, in letzterem Falle gewöhnlich die äussere, seltener die innere.

Die Verletzung geschieht auf zweierlei Weise: entweder trifft auf den Schädel ein in Bewegung befindlicher Körper oder der Schädel selbst bewegt sich und und stösst auf einen Widerstand. Ueber den Mechanismus der Entstehung der Schädelbrüche, insbesondere der indirekten, herrschten bis vor nicht geraumer Zeit die verschiedensten Ansichten, bis endlich die Theorie des Contrecoups, insbesondere gestützt durch die Vibrationslehre Saucerottes,[1]) dann die Irradiationstheorie Aran's,[2]) die Félizet'sche Lehre[3]) von den 6 Stütz- oder Strebepfeilern durch die grund-

---

[1]) Saucerotte 1760: Preisaufgabe der Pariser Akademie: Der Schädel wird durch jeden Stoss in Schwingungen oder Wellenbewegung versetzt, die vom getroffenen Punkte aus nach allen Seiten des Schädels in der Art sich ausbreiten, dass sie beim Zusammentreffen an der dem Punkte der Einwirkung gegenüberliegenden Stelle sich zu einer Kraft summieren, welche im Stande ist, die Cohäsionskraft der Schädelteilchen zu überwinden und eine Kontinuitätstrennung hervorzurufen (citiert nach Greiffenhagen).

[2]) Aran 1844: Die Fissuren ziehen direkt auf den kürzesten Wege zur Schädelbasis. Die Fissuren sind direkte Fortsetzungen der an den Angriffspunkten vorhandenen Brüche und strahlen nach der Schädelbasis aus.

[3]) Félizet 1873: Die Fissuren verlaufen über die relativ schwächsten Teile der Schädelkapsel zwischen den 6 festen Strebepfeilern.

legenden experimentalen Untersuchungen von Messerer[1]) und Hermann[2]) verdrängt wurden. Auf Grund seiner Resultate nimmt Messerer nur 2 Entstehungsarten an[3]), nämlich

1) Schädelbrüche durch Gegeneinander- und Uebereinanderschieben der Teile (Biegungsbrüche)

2) solche, welche durch Berstung des elastischen Schädels entstehen.

Indirekte Brüche, sagt Messerer weiter, erfolgen auf dieselbe Weise unter gewöhnlichen Umständen auf 2 Arten: einerseits durch Bersten stark gespannter Schädelpartien, dies scheint bei Druck der Mechanismus ihres Entstehens zu sein, und andrerseifs durch Einbiegung der Teile, wie dies beim Stoss das häufigere Vorkommen zu sein pflegt. Bei den Schüssen endlich scheint noch ein 3. Mechanismus des Entstehens indirekter Brüche zu existieren, nämlich Sprengung des Schädels durch eine vom Innern des Schädels nach aussen wirkende Kraft.

Um nun auf den vorliegenden Fall von Schussfraktur zurückzukommen, so ist diese Fraktur unter die 3. Art der Brüche, der Brüche mit grossem Substanzverlust nach der Bergmann'schen Einteilung einzureihen. Das Geschoss drang von der rechten Schläfengegend ein, dies ist aus dem rundlichen Loch daselbst zu schliessen, dessen Umgebung durch Pulverschleim verfärbt ist. Bei seinem weitern Vor-

[1]) Dr. O. Messerer: Ueber Elasticität und Festigkeit der menschlichen Knochen. Stuttgart 1880.

[2]) Nicolai Hermann: Experimentelle und kasuistische Studien über Frakturen der Schädelbasis. Dorpat 1881.

[3]) O. Messerer: Experimentelle Untersuchungen über Schädelbrüche. München 1884.

wärtsdringen richtete es im Schädel so gewaltige Zerstörungen an, dass eine eigentliche Ausschussöffnung gar nicht existiert. Der Schädel sieht so aus, als ob er durch ein Sprenggeschoss auseinander gerissen worden wäre; der Tod wird unter diesen Umständen bei der riesigen Zertrümmerung des Gehirns in wenigen Augenblicken eingetreten sein.

Es ist also hier jene Erscheinung aufgetreten, welche unter dem Namen „Sprengwirkung der Geschosse“ bekannt ist. Das Studium derselben sowie das Studium der Schussfrakturen im Allgemeinen setzt die Kenntnis der für die Projektile jeder Art giltigen Gesetze sowie einiger fachmännischer Ausdrücke voraus.

Die Linie[1]), welche der Schwerpunkt eines Geschosses von der Mündung des Laufes bis zum Ort der Ruhe in der Luft beschreibt, wird die Flugbahn genannt. Die wagerechte Entfernung vom Anfangs- bis zum Ruhepunkt ist die Schussweite; der Teil der Flugbahn, welcher sich innerhalb der Zielhöhe befindet, wird bestreichend oder rasant genannt. Man bezeichnet mit Anfangsgeschwindigkeit die Geschwindigkeit, mit welcher das Geschoss die Mündung der Feuerwaffe verlässt, beziehungsweise den Weg, welchen das Geschoss bei gleichbleibender Geschwindigkeit in gerader Linie in einer Sekunde zurücklegen würde; sie ist vor allem abhängig von dem Verhältnis der Gewichte des Geschosses und der Pulverladung, dem sog. „Ladungsquotienten“, ferner von der Kraftäusserung des Pulvers,

[1]) Sanitätsbericht über die deutschen Heere im Kriege 1870/71. IV. Band. Berlin 1884.

der Beschaffenheit der Seele (Innere des Laufes) und derjenigen des Geschosses.

In dem gezogenen Laufe erhält das Projektil eine doppelte Bewegung, einmal in der Richtung der Seele, sodann eine solche um seine Längsachse durch die Führung in den Zügen.

Letztere, die Rotation, sichert der Längsachse des Geschosses ihre Stabilität und verhindert das sonst unvermeidliche Ueberschlagen der Langgeschosse. Erhöhungswinkel ist die Neigung des Laufes zur Horizontalen; bis zum Verlassen des Laufes wirken die Pulvergase und der Erhöhungswinkel auf das Geschoss in der Richtung der verlängerten Seelenachse ein, sofort aber bewirkt der Widerstand der Luft eine Verminderung der Geschwindigkeit und gestattet der Schwere eine für die Zeiteinheit stets wachsende Einwirkung.

Die Kraft, mit welcher das Geschoss das Ziel trifft, heisst die lebendige Kraft, sie ist gleich $^1/_2\ m\ v^2$, wobei m die Masse und v die Geschwindigkeit des Geschosses bedeutet.

Die Einwirkung der Geschosse auf den menschlichen Körper richtet sich im grossen und ganzen nach der Grösse der lebendigen Kraft und nach der Grösse des Widerstandes der getroffenen Gewebe.

Die lebendige Kraft ist abhängig von der Masse und Beschaffenheit des Pulvers, von der Glattheit des Laufes, von dem Widerstand der Luft, von der Schwere und vom Querschnitt des Geschosses. Der Widerstand der Gewebe mit der Zunahme ihrer Kohäsion, Elasticität und Festigkeit, ferner hängt er noch ab von ihrer Masse und von rein physiologischen Zuständen wie Kontraktur der Muskeln, Anspannung der Sehnen,

weiter von unberechenbaren pathologischen Veränderungen. Gehirn, Leber und Milz u. s. w. vermögen infolge ihres Baues sehr wenig Widerstand zu leisten.

Im Körper[1]) werden im Momente des Getroffenwerdens Schwingungen erzeugt (durch Mitteilung der eigenen Bewegung), die den Begriff „Erschütterung" abgeben, diese wächst in Bezug auf Itensität der Wellen mit Zunahme der lebendigen Kraft, dann namentlich mit Zunahme des Querschnittes und des spezifischen Gewichtes der Geschosse.

Je grösser der Anteil, den die höhere Geschwindigkeit an der lebendigen Kraft hat, umso mehr wird die Erschütterung eine örtlich mehr beschränkte, bis bei einem gewissen Grade der Geschwindigkeit der getroffene Teil aus seinen Verbindungen gelöst wird. Lehrreich für diese örtliche Beschränkung der Erschütterung ist die Erscheinung, dass ein lose aufgestelltes Brett glatt von einer Kugel, wenn dieselbe eine bestimmte Geschwindigkeit hat, durchschlagen wird, ohne umzufallen.

Von Alters her wurde die Flugbahn in Bezug auf die Wirkung der Geschosse in drei natürlich nicht scharf in einander übergehende Zonen eingeteilt. Die erste ist die Zone der intensiv wirkenden lebendigen Kraft; sie entspricht der Anfangsgeschwindigkeit und damit den Kontinuitätstrennungen mit vorhrrrschender Einwirkung der fortschreitenden Bewegung des Ge-

---

[1]) Dr. Reger: Die Geschosswunden der Neuzeit. Strassburg 1884.

Dr. Schlott: Ueber die Einwirkung der Gewehrgeschosse auf den menschlichen Körper. Deutsche militärärztl. Zeitschrift 1879.

schosses; die 2. Zone ist bedingt durch die Wirkung der lebendigen Kraft. Durch die mittlere Geschwindigkeit prävalieren die Kontinuitätstrennungen mit Erschütterung und Quetschung, die Einwirkung der fortschreitenden und rotierenden Bewegung der Geschosse herrscht vor. Die 3. Zone — die Zone der erlöschenden lebendigen Kraft umfasst die erschütternde und quetschende Wirkung.

Diese Einteilung hat in der Neuzeit insoferne eine Aenderung erfahren, als der früheren ersten Zone noch eine neue, die Zone der explosiv wirkenden lebendigen Kraft[1]) vorgesetzt wurde. Mit Einführung der neuen Gewehre, die den alten gegenüber den Vorzug der grösseren Geschwindigkeit, Rasanz und weiter Entfernung voraus haben, wurde nämlich beobachtet, dass dieselben bei Nahschüssen nicht einfache, glatte, lochförmige Verwundungen setzten, sondern die ausgedehntesten explosionsartigen Zertrümmerungen nach der Ausschussöffnung hin bei glattem Einschuss erzeugten. Der alte Satz von Legouest, dass die Wunden um so reiner seien, aus je grösserer Nähe sie stammen, ward dadurch ungiltig. Bekanntlich erregte dieses Phänomen im Kriege 1870/71 zum erstenmale allgemeines Aufsehen. Beide Parteien beschuldigten einander des Vertragsbruches, da im Petersburger Vertrage vom 16. November 1868 Explosivgeschosse (Hohlgeschosse mit Sprengladung im Innern) aus Gewehren untersagt worden

[1]) Um sich eine Vorstellung von der Grösse der lebendigen Kraft eines Geschosses machen zu können, sei hier erwähnt dass ein heutiges Infanteriegeschoss nach 100 m Flugweite noch eine Arbeitskraft von 239 Meterkilogramm hat, nach 1000 m 35 mkg, nach 2000 23 mkg.

waren. Obgleich schon vor dem Kriege klinische Beobachtungen und Versuche (Sarazin. Gazette med. de Strassbourg 1867 No. 18) jene Wirkung insbesondere für das Chassepotgewehr konstatiert hatten, so war doch noch zu wenig darüber in die Oeffentlichkeit gedrungen.

Da nachgewiesen wurde, dass die Sprengwirkung vorzüglich bei Schüssen in der nächsten Entfernung auftrat, so war es naheliegend, die Ursache in der grossen lebendigen Kraft zu suchen. Sarazin's Versuche bestätigten dies auch. Inwiefern aber die lebendige Kraft wirke, darüber traten gar bald die widerstreitendsten Meinungen auf.

Man dachte an die Wirkungen der Pulvergase, welche sich aus dem Lauf fortsetzen sollten: die Wirkung der Pulvergase erlöscht aber, sobald sie den Lauf verlassen haben; an das Hineinreissen von Luft in die Wunde: hier wurde insbesondere durch Busch (Langenbecks Archiv XVIII Seite 216) sichergestellt, dass die mitgerissene Luft keine Seitenwirkung (-Sprengwirkung) ausübt, dass die Luft zwar vor den Projektilen hergetrieben wird und ihnen folgt, dass aber diese nur als fester Körper wirkt. Man dachte weiter an die regelmässige und unregelmässige Rotation in Verbindung mit der Centrifugalkraft der abspritzenden Teile (Busch). Aus der Rotation, meinte Chenu in seinem Werke über den deutsch-französischen Krieg, ergebe sich eine spiralige Bahn der Verletzung; komme das Geschoss in die Tiefe, so wirke es wie ein Bohrer, treibe die Weichteile vor sich her und reisse sie aus der Wunde heraus. Die grössten Zerstörungen rufe das rotierende Geschoss

hervor, wenn es, durch Widerstand aufgehalten, sich umdrehe d. h. seine Basis nach vorne wende. In diesem Falle nähmen die Knochensplitter die mannigfaltigsten Richtungen an, in dem sie selbst zu Geschossen würden, auf diese Weise finde eine Art Ausstrahlung statt, welche die grossartigsten Zerstörungen bedinge (citiert aus dem Sanitätsbericht). Die Sprengwirkung ist aber unabhängig von der Rotation, da auch Rundkugeln, welche nicht rotieren, mit genügender Geschwindigkeit[1]) ausgestattet, dieselbe Wirkung haben, wie Kocher bewiesen hat.

Als weitere Ursache wurde Erhitzung der Geschosse über den Schmelzpunkt und Entwicklung von Wasserdampf und Gasbildung in der Wunde angenommen. Für die Erhitzung der Geschosse kommen folgende Faktoren in Betracht: 1. Die Pulvergase, 2. Die Reibung im Laufe, 3. Die Reibung in der Luft und 4. die Erhitzung beim Aufschlagen.

Die Erwärmung der Geschosse durch die Pulvergase kann bei der sehr kurzdauernden Einwirkung und dem kleinen Teil des Geschosses, der mit denselben in Berührung kommt, keine sehr bedeutende sein. Eine gewisse Erwärmung findet durch dieses Moment sicher statt, bei der bedeutenden Temperatur der Gase, welche von Noble und Abel auf 2200°C, von Bunsen und Schischkow gar auf 3340°C geschätzt wird (Poten, Handwörterbuch, citiert nach dem Sanitätsbericht). Beträchtlicher muss der Einfluss der Reibung des Geschosses an der Wand des Laufes sein: derselbe wird

[1]) Als unterste Grenze für die Sprengwirkung wird von Kocher eine Geschossendgeschwindigkeit von 250 m angenommen.

natürlich bei der Verschiedenartigkeit der Gewehre und Geschosse sehr schwanken. Bei der ungeheuren Schwierigkeit, die Temperatursteigerung zu messen, gehen natürlich die Meinungen sehr auseinander, insbesondere auch über die Erwärmung durch Reibung an der Luft. Soviel steht durch neuere Schiessversuche auf sterile Gelatineplatten etc. fest, dass die Erhitzung nicht hinreicht, um ein inficiertes Geschoss zu sterilisieren.

Als 4. und hauptsächlichster Faktor bewirkt eine Erhitzung des Geschosses das Aufschlagen auf das Ziel nach dem Princip von der Erhaltung der Kraft, wie Hagenbach (Socin p. 11 und Richter p. 103) zuerst nachgewiesen hat.

Die lebendige Kraft wird, soweit sie nicht verbraucht wird, in Wärme umgewandelt. Diese Thatsache ist exact nachgewiesen, sie tritt besonders bei Geschossen hervor, die plötzlich aufgehalten werden. Die Erhitzung ist so stark, dass sogar kleine Partikelchen abschmelzen, zumal beim Blei. Busch legt diesen Schmelzprodukten (Langenbecks Archiv XVII) eine grosse Bedeutung bei, doch ist bei der geringen Masse die Kraft derselben auch bei grösster Geschwindigkeit minimal.

Mehr Bedeutung soll diese Erhitzung für die Deformation haben, für das „Sichstauchen des Geschosses", was später erwähnt werden wird.

Entwicklung von Wasserdämpfen in der Wunde ist schon bei der Schnelligkeit, mit der das Projektil den Ort der Einwirkung verlässt, ausgeschlossen.

Auch Keilwirkung oder die sogenannte stärkste Perkussionskraft kann an und für sich die Explosions-

erscheinung nicht erklären. Nach Beck (klin. Chir. 1882 Bd. 16) nämlich bewirken die modernen Waffen nur durch ihre enorme Perkussionskraft die gewaltigsten Zerstörungen, indem bei grösster Geschwindigkeit und entsprechendem Widerstande vom Angriffspunkte des Geschosses aus äusserst heftige Schwingungen erzeugt werden, welche sich überall hin geltend machen; erklären z. B. sich auch zur Not die gewaltigen Zerstörungen des Schädels dadurch (Berstung des elastischen Schädels), niemals wird man dadurch allein das beobachtete Herausdrücken abgelöster Teile erklären können (Sanitätsbericht).

Wie natürlich zu erwarten war, ward die Ursache der Sprengwirkung nicht allein im Geschosse, sondern auch in der Beschaffenheit des getroffenen Objektes gesucht, und so fand man gar bald, dass die Explosionswirkung insbesondere bei Organen mit reichlichem Flüssigkeitsgehalt auftrat. Diese Erfahrung führte dazu, die Sprengerscheinungen durch hydrostatische Gesetze zu erklären, hydraulischen Druck. Der hydraulische Druck beruht bekanntlich auf dem physikalischen Gesetz, dass ein auf eine Flüssigkeit ausgeübter Druck vermöge der leichten Verschiebbarkeit ihrer Teilchen und ihrer minimalsten Zusammendrückbarkeit sich in derselben nach allen Richtungen mit gleicher Stärke fortpflanzt. Als Prototyp für diesen Druck sieht man die hydraulische Presse an, von Bramah 1795 entdeckt. Man sagte: Die Explosivwirkung erklärt sich allein durch die Annahme eines im Gewebe im Moment der Verletzung entstehenden hydraulischen Druckes, durch welchen eine nach allen Seiten in radialer Richtung wirkende Gewalt geschaffen wird, welche das

Gewebe von innen nach aussen zerreisst und fortschleudert. Der hydraulische Druck ist der Ausdruck der Raumbeengung, welcher in den durch geschlossene Kapseln begrenzten Flüssigkeiten durch das Eindringen des Geschosses infolge der Inkompressibilität der Flüssigkeit entstehen muss. Da nun sämtliche Flüssigkeiten im tierischen Körper in mehr oder wenig festen oder elastischen Kapseln eingeschlossen sind, so wird in ihnen eine Raumbeengung durch das Geschoss stattfinden (Reger 1884). Zahlreiche Gewebsteile haben auch einen so bedeutenden Feuchtigkeitsgehalt, dass sie als leicht beweglich und inkompressibel — natürlich nicht in dem Masse wie Flüssigkeiten — betrachtet werden können, so vor allem das Gehirn, das Knochenmark, die Muskulatur, abgesehen von den mit Flüssigkeit gefüllten Höhlen, wie der Urinblase, dem Herzen.

Versuche, welche vorzüglich von Busch und Kocher durch Schüsse auf enthirnte und Gehirn enthaltende Schädel, auf markhaltige und ihres Markes entleerte Knochen, auf dieselben Substanzen in feuchtem und trockenem Zustande angestellt wurden, sprachen für die Richtigkeit dieser Erklärung. Den Nachweis, dass in der That in Höhlen des menschlichen Körpers durch eindringende Geschosse eine Druckerhöhung stattfindet, hat Reger durch manometrische Bestimmungen direkt geliefert. Nach Regers Untersuchungen fand bei Schüssen, welche Sprengwirkung erzielten, eine Druckerhöhung von $1\,^1/_4$—$1\,^1/_2$ Atmosphären. Durch den hydraulischen Druck erklärt sich gut die oft gemachte Beobachtung, dass Gewebsteile aus der Einschussöffnung heraushängen, ja sogar herausgeschleudert werden. Vorwiegend macht sich die hydrauliche Druck-

erhöhung geltend in der Richtung des geringsten Widerstandes, sowie in der Richtung der Flugbahn: in der letztern summiert sich der Effekt der allseitig wirkenden hydraulischen Pressung mit derjenigen der fortschreitenden Wirkung des Geschosses (Sanitätsbericht). Die hydrauliche Pressung wächst proportional der Zunahme der Geschwindigkeit, sie ist deshalb am bedeutendsten bei Schüssen à bout portant; sie ist unabhängig vom spezifischen Gewichte, dagegen abhängig von dem Querschnitte des Projektiles; je grösser derselbe, desto grösser die Pressung. Daher wird ein sich nicht stauchendes Geschoss einen wesentlich geringern Effekt in Bezug auf Ausdehnung und Qualität des hydraulichen Druckes erzeugen als ein sich stauchendes, aber auch die sich stauchenden Geschosse werden nach dem Grade ihrer Deformierbarkeit einen bedeutenden Unterschied hierin erkennen lassen. Nach Reger soll sich die Explosionswirkung im umgekehrten Sinne zur Härte des Metalles steigern. Reger rät daher im Interesse der Humanität härtere Geschosse an (aus Stahl). Besonders begünstigt wird die Stauchung des Geschosses, wie früher erwähnt, durch die Erhitzung. Auch Richter legt diesem Umstande eine grosse Bedeutung bei. Dies mag ja ganz richtig sein, doch richten die kupfernen Kugeln der Tscherkessen trotz ihrer Kleinheit und Härte die grössten Zerstörungen an, ferner steht das neue Gewehrgeschoss mit Nickelmantel an Bösartigkeit der Sprengwirkung keinem weichern Geschosse nach.

Die Lehre von der hydraulischen Pressung wurde längere Zeit von den meissten für die allein richtige

gehalten, bis Schjerning, Kurlbaum und Coler[1]) durch Schiessversuche, die sie im Auftrage des preussischen Kriegsministeriums im Jahre 1893 und 94 unternahmen, dieselbe stürzten. Sie fanden nämlich dieselben Explosiverscheinungen auch beim trepanierten Schädel, also auch, wenn die Flüssigkeit durch die Kapsel nicht allseitig abgeschlossen wurde und von einer Raumbeengung durch die Kapsel keine Rede sein konnte, ferner dieselbe Wirkung bei offenen genau so wie bei allseitig geschlossenen Gefässen.

Von dieser Thatsache ausgehend, sagten sie sich, dass hydraulischer Druck im Sinne der Raumbeengung nicht als Ursache angeschuldigt werden könnte, sondern dieser Druck einzig und allein hervorgerufen werde durch Flüssigkeitsmassen, welche mit grosser Geschwindigkeit gegen ihre Umgebung andrängen. Sie nannten dies hydrodynamische Druckwirkung und stützen ihre Ansicht auf einfache Gesetze der Mechanik.

Das Geschoss trifft auf eine Flüssigkeit und verdrängt dieselbe. Da die Geschwindigkeit des Geschosses eine grosse ist, so muss auch die Flüssigkeit mit grosser Geschwindigkeit ausweichen. Die Flüssigkeit in nächster Nähe des Geschosses erhält eine grosse Geschwindigkeit und damit eine grosse lebendige Kraft. Mit dieser lebendigen Kraft fliegt sie gegen die umgebenden Teile; rechnet man nach dieser Vorstellung aus, wie viel lebendige Kraft ein Geschoss im Wasser an das Wasser abgeben muss, so kann man daraus berechnen, was für einen Weg ein Geschoss bei einer gegebenen Ge-

[1]) Coler und Schjerning: Ueber die Wirkung und die kriegschirurg. Bedeutung der neuen Handfeuerwaffen. Berlin 1894 (für Veröffentlichungen nicht zugänglich).

schwindigkeit im Wasser zurücklegen kann, z. B. Geschoss 88 kann darnach einen Weg von 1,5 m zurücklegen, ein Resultat, welches in der That mit der Empirie übereinstimmt. Schjerning und Kurlbaum schossen einmal auf leere Schädel, dann auf Schädel mit trockenen und feuchten Sägespänen gefüllt, ferner unter anderm auf Schädel mit Wasser und Wachsfüllung.

Bei Schüssen auf leere Schädel erzielten sie keine Sprengung, angeblich, weil die freie Schädelwand die Druckschwingungen ausserordentlich schnell auf ihre Gesamtfläche verteilt und mittelst ihrer Elastizität erträgt.

Nach obigen Autoren soll die Elastizität der Schädelkapsel am gefüllten Schädel, verhältnismässig gleich, ob mit Wasser, mit Gehirn oder sehr festen Massen gefüllt, gar nicht oder sehr abgeschwächt zur Geltung kommen, indem die Schwingungsmöglichkeit durch die allseitige stetige Anlagerung an die Wandungen aufgehoben sei.

Bei Schüssen auf Schädel mit Wasserfüllung wurde die ganze Schädelkapsel gleichmässig in kleine, sehr zahlreiche Bruchplatten zersprengt, deren begrenzende Sprunglinien im allgemeinen vom Ein- und Ausschuss her konzentrisch cirkuläre und radiäre Grundrichtungen hatten. Im Hinweis auf diese Sprunglinien, ausgehend vom Ein- und Ausschuss, betonen Schjerning und Kurlbaum[1]), dass bei der Sprengung gefüllter Schädel zwei ganz selbständige, von einander zunächst ganz unabhängige Vorgänge in Betracht kommen, nämlich

[1]) Berliner klin. Wochenschrift 1897 Nr. 17 und 18.

einerseits die Sprengung der Schädelkapsel durch die Keilwirkung des Geschosses sowohl an der Einschuss- als Ausschussplatte und andrerseits die hydrodynamische Druckwirkung im Schädelinhalt. „Beide sind 2 selbstständige Vorgänge. Sie haben primär nur die Entstehungsursache, nämlich die lebendige Kraft des Geschosses gemeinsam, deren Richtungslinie im festen wie im flüssigen Widerstand durch die Form der Geschossspitze bestimmt ist. Sie verlaufen dann getrennt von einander und begegnen sich schliesslich an der Berührungsstelle ihrer Gebiete, so dass sekundär sich ihre Wirkungen vermengen. An diesen Berührungsstellen ist die zeitliche Aufeinanderfolge der beiden Kompenenten zu berücksichtigen, die als ausserordentlich kurze anzusehen ist. Die Keilwirkung greift im Einschuss und in der unmittelbaren Umgebung an der inneren Schädelkapsel sicher früher an als die hydrodynamische Druckwirkung. Ob sich in weiter konzentrischem Abstande vom Einschuss dieser Zeitabstand verringert oder $= 0$ wird oder vielleicht sich vermehrt, wird insbesondere von der Weglänge der hydrodynamischen Druckwirkung, welchen sie vom Schusskanal bis zur Schädeldecke zurückzulegen hat, andrerseits von der Leitungsfähigkeit der Widerstände für die Kraftwellen bei beiden Vorgängen abhängen. Kommt die hydrodynamische Druckwirkung zuvor, so wird die Ausschussöffnung fehlen resp. die Kugel durch das schon zersprengte Dach den Schädel verlassen.“

In allerjüngster Zeit hat Köhler[1]) in seinem

[1]) Köhler, Lehrbuch der allg. Kriegschirurgie (VI. Kap.) 1897. Otto Euslin, Berlin.

Lehrbuch die Kriegschirurgie eine neue Theorie der Sprengwirkung aufgestellt. Seine Ansicht ist: Die Explosionswirkung beim Schädel beruht auf keilförmiger Zerstörung durch ein mit sehr hoher Geschwindigkeit begabtes Geschoss. Ermöglicht wird dieser Vorgang dadurch, dass gegenüber der Geschwindigkeit des Geschossfluges die Wasserteilchen ihre Labilität nicht bethätigen können (das Geschoss durchsetzt den Schädel in $^1/_{3000}$—$^1/_{5000}$ Sekunde). Das Wasser verhält sich dem schnell fliegenden Geschosse gegenüber wie eine feste Masse. die zugleich inkompressibel ist; es handelt sich nicht darum, dass das Wasser dem schnellen Geschosse gegenüber erstarrt, d. h. ein fester Körper wird, mithin seinen Aggregatzustand verändert, sondern darum, dass die Labilität der Wasserteilchen in der kurzen Spanne Zeit, welche ein Geschoss braucht, um einen mit Wasser gefüllten Schädel zu durchsetzen, nicht zur Geltung kommt. Zum Beweis, dass sich dies so verhält, führt Köhler folgenden Versuch mit Pistolenschuss an. Schiesst man auf ein in Wasser befindliches, nicht allzutief unter dessen Oberfläche liegendes Brett mit einer Pistole, deren Geschoss geringe lebendige Kraft hat, so durchfliegt das Geschoss das Wasser und durchbohrt das Brett (die Wasserteilchen haben Zeit, auszuweichen). Vergrössert man die lebendige Kraft des Geschosses z. B. durch Vermehrung der Pulverladung, so dringt zwar das Geschoss in das Wasser ein, durchlägt aber das Brett nicht mehr; bei allergrösster Geschwindigkeit zersplittert das Geschoss schon beim Auftreffen. Köhler erklärt dies dadurch, dass das Beharrungsvermögen der Flüssigkeit immer mehr zur Erscheinung tritt, so dass die Kohäsionskraft des Bleis vernichtet wird.

Aus diesem Versuch schliesst Köhler: „wirkt eine intensive Gewalt plötzlich auf Wasser und sucht dasselbe zu verdrängen, so haben die Wasserteilchen nicht die notwendige Zeit zum Ausweichen, die Labilität der kleinsten Teilchen kann sich nicht bethätigen. Die Stosswelle geht demzufolge in solchen Fällen durch das Wasser wie durch einen festen, inkompressiblen Körper, nur ungleich schneller und intensiver, da es einen so homogenen Körper wie Wasser nicht weiter gibt.

Köhler erklärt auch die Erscheinungen der schweren Verletzungen bei einem Fall mit dem Rücken oder dem Bauche platt auf das Wasser auf diese Weise, dass die Teile des Wassers, welche der Mitte der auftreffenden Fläche entsprechen, weniger ausweichen können als die seitlich Getroffenen; die Mitte der Auftrefffläche wirkt dem fallenden Körper gleichsam als feste Masse entgegen.

In ähnlicher Weise macht sich auch der Widerstand des Wassers bemerkbar, wenn man mit einem Stocke zuerst langsam, dann schnell in ein Wasser schlägt. Schjerning und Kurlbaum erklären diese Anschauung Köhlers als physikalisch unmöglich.

Man ersieht daraus, dass trotz der zahlreichen Schiessversuche und umfassenden Arbeiten eine Einigung über die Entstehung der Sprengwirkung vielfach noch nicht erzielt ist.

In unserm Falle ist die Sprengwirkung bei einer Schrotladung aufgetreten. Kurz nach dem Verlassen des Laufes hat auch die Ladung des Jagdgewehres eine sehr grosse lebendige Kraft. In dieser Entfernung halten auch die Schrote noch zusammen, dass sie gleichsam ein kompaktes Geschoss darstellen. Durch den

verhältnismässig grossen Querschnitt der Ladung wurde die Sprengwirkung noch gesteigert.

Interessant ist, dass trotz der riesigen Zertrümmerung des Schädels noch einige Atem- und Schluckbewegungen auf reflektorische Weise erfolgten, wie die Aspirationsinfarkte der Lunge und das Blut im Magen beweisen.

Zum Schlusse erlaube ich mir noch, Herrn Obermedicinalrat Prof. Dr. Bollinger und Herrn Privatdocenten Dr. Dürck für die Anregung zur vorliegenden Arbeit und liebenswürdigen Unterstützung dabei meinen wärmsten Dank zu sagen.

Nach Abschluss dieser Arbeit ist mir noch der Atlas der gerichtlichen Medicin von Dr. v. Hofmann (Verlag von Lehmann 1898 München), welcher eben erschienen ist, zu Gesicht gekommen, in welchem sich Figur 127 fast derselbe Fall, wie der in vorstehender Arbeit beschriebene, abgebildet und erläutert findet. Es handelt sich hier um einen Officiersdiener, der sich mit dem Jagdgewehr seines Herrn erschossen hatte. Das Jagdgewehr war allerdings nicht mit Schrot, sondern mit einem sich stauchenden Weichbleiprojektil geladen; ferner hatte sich der Diener in den Mund geschossen; v. Hofmann erklärt die Zerstörung aus der unmittelbaren Wirkung der Explosionsgase in dem ziemlich abgeschlossenen Mundhöhlenraum: nach meiner Meinung dürfte jedoch der wesentlichste Faktor in der hydrodynamischen Druckwirkung zu suchen sein.

Benützte Werke.

Bergmann, Die Lehre von den Kopfverletzungen im Handbuch der Chirurgie v. Billroth und Pitha 1873.

Schlott, Ueber die Einwirkung der Gewehrgeschosse auf den menschlichen Körper. Deutsche militärärzl. Ztschr. 1879 VIII.

O. Messerer, Ueber Elasticität und Festigkeit der menschlichen Knochen. Stuttgart 1880.

Nic. Hermann, Experim. und casuist. Studien über Frakturen der Schädelbasis. Dorpat 1881.

O. Messerer, Experim. Untersuchungen über Schädelbrüche. München 1884.

Sanitätsbericht über die deutschen Heere im Kriege gegen Frankreich 1870/71, herausgeg. von der Militär-Medic. Abteilung d. K. preuss. Kriegsminist. Berlin 1884 Bd. III und IV.

E. Reger, Die Gewehrschusswunden der Neuzeit. Strassburg 1884.

Bruns, Ueber die kriegschir. Bedeutung der neuen Feuerwaffen. Berl. klin. Wochenschr. XXIX 1892.

Coler und Schjerning, Ueber die Wirkung und kriegschir. Bedeutung der modernen Handfeuerwaffen. Berlin 1894.

Köhler, Lehrbuch der allgemeinen Kriegschirurgie. Berlin 1897 s. auch Berl. klin. Wochenschr. 1997 Nr. 17 und 18.

Greiffenhagen Wilhelm, Ueber den Mechanismus der Schädelbrüche Inaug.-Diss. Dorpat 1887.

Busch, in Langenbecks Archiv XVI, XVII, XVIII.

Bruns, Ueber die Wirkung und kriegschirurgische Bedeutung der Selbstladepistole (System Mauser) Beiträge zur klinischen Chirurgie Bd. 19 H. 2.